

中等专业学校交流讲义

农田水利学

安徽水利电力学院编

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校交流讲义



农田水利学

安徽水利电力学院编

本书包括緒論、农田水分状况的調节、灌溉排水系統、主要类型的水利措施、其他类型的水利措施、中小型水利工程的勘测与规划和灌溉管理等七部分，共二十三章。

书中除系統地闡述了农田水分状况的調节和灌溉排水系統方面的基本原理外，还比較紧密地結合我国各地农田水利建設的特点和实践，讲述了山丘区、平原区、洼地和沿江滨湖区等主要类型的水利措施，以及盐碱地改良利用、沼泽地改良利用、地下水灌溉、水土保持和污水灌溉等其他类型的水利措施。同时，也介紹有关中小型水利工程的勘测与规划工作，以及灌区的观測試驗、計劃用水、渠系的测水、管理养护和改善改建等灌溉管理方面的基本知識和实际經驗。

本书可作为中等水利技术学校农田水利工程专业的教材，也可供其他专业的师生和从事农田水利的工程技术人员参考。

农 田 水 利 学

安徽水利电力学院編

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $19 \frac{5}{8}$ ·插頁1·字数473,000

1961年9月北京第一版·1965年2月北京第六次印刷

印数7,826—9,740·定价(科四)1.90元

*

統一书号: K15165·909(水电-138)

序 言

我国农田水利事业在党的领导下，取得了伟大的成就和积累了丰富的經驗。长渠蜿蜒高山，洼地变成良田，平原河网化，等等，大大丰富了水利科学技术的宝庫。

随着我国农田水利建設事业的巨大发展和农田水利科学技术的日新月异，以及向高标准水利化、高度綜合利用和高度农业机械化迈进的要求，为了及时反映这些特点和所取得的經驗，为有助于提高教学质量，因此，充实和更新“农田水利学”的教材內容，已成为教学工作中极为重要而迫切的任务。

1959年，在深入学习党的教育方針、批判资产階級教育思想和进一步树立毛泽东思想的基础上，在院党委的领导下，我院师生破除迷信，重新制定出“农田水利学”的教学大綱，根据新大綱先后編写了两次讲义，并在我院两年的教学实践中試用。为满足各院校急需用书今年四月水利电力部召开了中等水利技术学校教材會議，会上决定“农田水利学”由我院負責編写。为此，我們对原讲义进行了修改和补充。

书中闡述了农田水分状况的調节（作物灌溉制度、灌排方法与田間調节网）和灌溉排水系統（灌溉水源、取水枢紐、灌排系統与排水容泄区）方面的基本原理和实际經驗；并結合国内各地农田水利建設实践，介紹了山丘区、平原区、洼地与沿江滨湖区等主要类型的水利措施，以及盐碱地、沼泽地的改良利用，水土保持与污水灌溉等其它类型的水利措施。同时还包括中小型水利勘测规划和灌溉管理方面的实际知識。

由于編写時間仓促和水平所限，对国内資料和实际經驗了解得也不够全面，因此，恐未必能满足当前教学要求，缺点和錯誤之处在所难免，我們誠懇地希望各兄弟院校在教学实践中，多加批評和指正，以便再版时能进一步刪改修正和充实內容。

本书編写过程中，我們吸取了武汉水利电力学院农田水利教研組所編的“农田水利学”书中不少內容，对于他們辛勤劳动的成果和給予我們这次工作的极大帮助，在此謹致以深切的感謝。此外，本书灌溉管理部分系由武功水利学校与我院合作編写的。

安徽水利电力学院

农田水利教研組

1961年5月

目 录

緒論.....	7	第一节 灌溉水源的主要类型.....	74
第一节 农田水利学的研究对象和基本内容.....	7	第二节 灌溉用水保证率.....	78
第二节 农田水利在国民经济建设中的地位和作用.....	9	第三节 水源来水与灌溉用水的配合.....	81
第三节 我国农田水利事业的发展.....	10	第四节 灌溉系统的取水枢纽.....	84
农田水分状况的调节		第六章 灌溉排水系统的规划布置.....	90
第一章 农田水分状况及其调节.....	12	第一节 灌排系统规划布置的基本原则与步骤.....	91
第一节 农田水分的存在形式与作物生长的关系.....	12	第二节 灌区类型及主要灌排沟渠的几种典型布置形式.....	92
第二节 调节农田水分状况的措施.....	17	第三节 灌溉配水网的布置.....	96
第三节 灌溉、排水对作物外界环境及产量的影响.....	18	第四节 排水输水沟的布置.....	99
第二章 农作物的灌排制度.....	20	第五节 灌区内道路系统和护田林网的布置.....	101
第一节 作物田间耗水量.....	20	第七章 灌溉排水系统的设计.....	105
第二节 旱作物的灌溉制度.....	21	第一节 灌溉渠道设计流量的推算.....	105
第三节 水稻的灌排制度.....	30	第二节 灌溉渠道的结构设计.....	111
第四节 几种主要作物的灌排经验.....	33	第三节 排水输水沟设计流量的计算.....	121
第五节 作物种植区的灌水率图.....	36	第四节 排水沟的结构设计.....	123
第三章 灌排方法与灌排技术.....	39	第五节 灌排沟渠的防渗漏与防变形措施.....	126
第一节 地面灌溉.....	40	第六节 灌排系统的附属建筑物.....	129
第二节 喷灌.....	47	第八章 排水容泄区.....	134
第三节 地下灌溉.....	52	第一节 概述.....	134
第四节 水源补给类型及排水方法.....	57	第二节 整治河床的导治措施.....	135
第五节 明沟排水.....	59	第三节 调整径流的导治措施.....	138
第六节 暗沟排水.....	62	第四节 扬水排水.....	139
第七节 特种排水.....	65	主要类型的水利措施	
第四章 田间调节网.....	66	第九章 山区、丘陵区的水利措施.....	141
第一节 机耕作业对田间调节网的要求.....	67	第一节 山丘区水利系统的类型.....	141
第二节 旱作区的田间调节网.....	68	第二节 山丘区灌溉系统的布置.....	143
第三节 水稻区的田间调节网.....	71	第三节 长藤结瓜式灌溉系统的灌溉能力与调节库容.....	148
第四节 田间渠系建筑物.....	74	第四节 山丘区灌溉渠道的横断面结构及其防崩塌措施.....	150
灌溉排水系统		第十章 平原易涝区的水利措施.....	153
第五章 灌溉水源与取水枢纽.....	76		

第一节	河网化的标准	153
第二节	河网地区水利系统的组成及其作用	157
第三节	河网系统的规划布置	159
第四节	河网区田间工程的布置	163
第十一章	沿江滨湖区与洼地的水利措施	166
第一节	圩垸的规划布置	167
第二节	圩垸的类型及其内部水利系统的布置	169
第三节	围垦区的堤防及其他工程设施	172
第四节	洼地治理	174

其他类型的水利措施

第十二章	盐碱地的改良利用	176
第一节	盐碱化土壤的盐类及其溶解度	176
第二节	盐分对农作物的影响	177
第三节	形成盐碱化土壤的主要因素	178
第四节	我国盐碱土分布概况	180
第五节	改良利用盐碱土的综合性措施	181
第六节	冲洗排水改良盐碱土	184
第七节	种稻改良盐碱土	189
第十三章	沼泽地的改良利用	191
第一节	沼泽土的形成和特性	191
第二节	沼泽地上的排水措施	193
第十四章	利用地下水灌溉	197
第一节	地下水的类型及其勘测	198
第二节	地下水取水建筑物	201
第三节	地下水取水建筑物出水量的计算	205
第四节	地下水灌溉系统	208
第十五章	水土保持	210
第一节	水土流失的基本类型及其影响因素	211
第二节	水土流失的危害性及其治理原则	212
第三节	水土保持的水利技术措施	213
第四节	水土保持的农林技术措施	221
第十六章	污水灌溉	223
第一节	污水的类型及水质处理	224
第二节	污水灌溉系统	225
第三节	污水灌溉的灌水方法及污水灌溉	

蔬菜	227
----	-----

中小型水利工程的勘测与规划

第十七章	中小型水利工程的勘测	230
第一节	勘测的目的及其内容	230
第二节	勘测要求	232
第三节	勘测资料的整编	235
第十八章	中小型水利工程的规划	236
第一节	水利化规划的目的、原则与标准	236
第二节	水利规划	238
第三节	地区农田水利规划	239
第四节	灌溉规划及水量平衡	244

灌溉管理

第十九章	观测试验	247
第一节	作物需水量试验	249
第二节	灌溉制度试验	253
第三节	灌水方法及灌水技术的试验	256
第四节	渠道渗漏量的测定	259
第五节	灌区土壤水、盐动态的观测	261
第二十章	计划用水	263
第一节	计划用水	263
第二节	用水计划的编制	265
第三节	用水计划的执行	280
第四节	计划用水的检查工作	283
第二十一章	渠系测水	285
第一节	利用渠系水工建筑物测水	286
第二节	利用特设量水设备量水	290
第三节	闸门自动控制和测水自动化	295
第二十二章	灌溉工程的管理养护	299
第一节	渠首枢纽工程的管理养护	299
第二节	渠道的管理养护	304
第三节	渠系建筑物的管理养护	306
第四节	水工建筑物的观测	307
第二十三章	渠系的改善和改建	307
第一节	我国现有灌溉系统存在的问题及改善改建的必要性	307
第二节	渠系改善和改建的基本原则、要求与方法	309
第三节	灌溉系统的发展远景规划	312

緒 論

第一节 农田水利学的研究对象和基本内容

农田水利学是一门研究农田水分状况、地区水情变化规律，以及进行调节、改变农田水分状况和地区水情措施的科学。我们学习这门科学知识，目的就在于运用它通过工程设施来调节、改变农田水分状况和地区水情，以消除水旱灾害，更好地利用水利资源，使之符合于发展农业生产的需要，促进农业生产的发展。

农田水利学是在劳动人民生产实践中产生和发展起来的。几千年来，劳动人民不断地与水旱灾害作顽强的斗争，在斗争实践中，积累了极其丰富的经验，这些经验不断地丰富和仍在丰富着农田水利学的内容。在这方面，从田间需水、田间工程、水利系统的设施，一直到水利资源的利用等等，都逐步形成了一整套系统的科学理论。今后随着生产的发展，随着水利建设的发展，可以预期，农田水利这门科学将会获得更大的发展。

农田水利学的基本内容，主要有以下两个方面。

一、调节改变地区水情的措施

地区水情包括天上水、地面水和地下水，其数量、分布情况及动态，主要决定于当地的气候、水文地质和河流水文状况等自然条件。不利的地区水情，往往是水量时多时少，引起洪涝灾害或发生干旱现象，影响农业生产。但是不利的地区水情，可以通过人为因素加以改变和调节，使符合于发展农业生产的有利条件，为改变和调节农田水分状况建立必要前提。调节、改变地区水情的措施，一般可分为以下两种：

1. **蓄水、保水措施：**蓄水、保水措施主要是通过大面积的田间蓄水工程、谷坊、塘坝、河网、湖泊和洼淀等，拦蓄当地径流和河流来水，改变水量在时间上（季节或多年范围内、和地区上（河流上下游之间、高低地之间）的分布状况。通过蓄水、保水措施，可以防止水土流失，减少汛期洪水量，避免暴雨径流向低地汇集，可以增加枯水时期河水量，并为干旱年份提供用水量。

2. **引水、调水措施：**引水调水措施主要是通过引水渠道，使地区内部和流域之间的水量互相调剂，从而改变水量在地区上的分布状况。用水时期借引水渠道和取水设备，自水源（河流、水库、塘坝、河网、地下含水层等）引水，以供地区用水。当某一地区水源缺乏时，可借人工河道自水源充足地区调配水量。汛期某一地区水量过多时，则可通过排水河道将多余水量调运至地区内部的蓄水设施中存蓄，或送至水量较少的其它地区。

以上两种基本措施，在农田水利工作中往往同时采用，但由于各地区具体条件不同，所解决的问题不同，因此各种措施所发挥的作用和在农田水利工作中所处的地位也有所不同。根据农田水利措施所要达到的目的，改变和调节地区水情的措施又可以分为以下几种：

1. **灌溉和供水措施：**为了满足灌溉用水和供水的要求，往往采用各种蓄水设施对天然径流进行调蓄，增加灌溉和用水的水量贮备，并通过各级引水、输水渠道，自本地区或其

他地区引水輸送至需要灌溉的农田或工业基地、城镇和农村等用水地点去。

2. **除涝措施**：借河网、水庫、洼地等蓄漬除涝。如采用这些措施仍然不能满足要求时，则可通过排水系統（或利用輸水河网），将地区内过多的水量排到其它地区去。

3. **防洪措施**：借水庫、塘坝、河网等拦蓄河流洪水；利用湖泊、洼地、減河等滞洪分洪，或筑堤以御洪水等。

4. **水土保持措施**：借农、林、水利等綜合的水土保持措施，防止水土流失，削減河流洪峯，并减少河床淤积等。

改变和調节地区水情是一项巨大而复杂的工作，不仅要采取水利措施，而且要配合农、林等其它措施，形成一整套綜合措施体系，才能迅速有效地达到目的。在为农业目的而調节地区水情时，还应该考虑其它用水部門的要求，即对水利资源进行全面规划，綜合利用，以期达到充分合理的利用。

二、調节改变农田水分状况的措施

农田水分状况一般系指农田土壤水、地面水和地下水的状况及与其相关的营养、通气和热状况。农田水分的不足和水分过多，都会影响作物的正常生长和作物的产量。农田水利的重要任务之一，就是要改变和調节不利的农田水分状况，为作物的正常生长创造良好的环境。調节农田水分状况的水利措施一般有下列两种：

1. **灌溉措施**：按照作物的需要有計劃地将水量輸送和分配到田间，以补充农田水分的不足，改变土壤中的养料、通气、热状况等，达到提高土壤肥力和改良土壤的目的。

2. **排水措施**：借修建的排水系統将农田内多余的水分（包括地面水和地下水）排泄至一定的范围以外（存蓄于河网、水庫以供农田需水时用，或是排入容泄区——河流輸水河网等，或調运至其它地区），使农田中保持适宜的水分、养料、通气和热状况，以适应农作物的正常生长的需要。在盐渍化土壤地区，排水系統同时具有降低地下水位和排除盐分的作用，促使土壤脫盐、改善土壤結構、水分和养料状况。

但是，为了更有效地改变和調节农田水分状况以及与其相关的养料、通气、热的状况，从而不断提高土地的肥力，也必须經常采取包括水利措施和农、林等措施相結合的綜合性措施。

必須指出，在我們社会主义国家，在各项水利建設中要從上游到下游，考虑整个流域；从山上到山下，从平原到洼地，考虑整片地区；从水利到农业、林业，考虑綜合性的改良措施；不仅要滿足灌溉、除涝的要求，而且要考慮水能、航运和水产等各方面的要求。

最后，还应指出，我国位于亚洲东部，总面积达 960 万平方公里，約占亚洲总面积的五分之一。地势由西向东傾斜，大部分地区都分布着高原、山区和丘陵，地形起伏不平，平原只占全国面积 10%。由于地域辽阔，各地的自然特点不同，发展农业的水利条件也有差異。綜合气候和水文状况等方面的特点，可以将我国大体上分为干旱地区、半干旱地区 and 水分充足地区三种类型：

第一、干旱地区：包括西藏雅魯藏布江以西部分，云貴高原西部，新疆、青海、甘肃、宁夏、陝西北部，內蒙古由西北至东北的大部分地区。这一地区属沙漠和半沙漠性气候，絕大部分地区的年降雨量在 100~200 毫米之間，部分地区在 100 毫米以下；年平均蒸发量

約为1500~2000毫米，超过降雨量几倍至十几倍以上，因而經常受干旱的威胁。

这一地区主要是草原土壤、半荒漠和荒漠土壤。由于水分不足，土壤肥力低，加以强烈的蒸发作用，土壤盐碱化的现象比較普遍而且比較严重。本地区主要为农牧兼作区，主要作物有棉花、小麦和杂粮等。灌溉在农业生产上占极重要的地位，絕大部分地区均是处于沒有灌溉即沒有农业的状况。水源主要是高山积雪融解后汇集而成的河流，也有少部分地区有地下水可資利用，但是水源远不能滿足可耕土地发展灌溉的需要。

第二、半干旱地区：位于秦岭和淮河以北，不包括干旱地区。这一地区大部分的年平均降雨量在500~700毫米之間。其中淮北平原最多，华北、东北平原次之；黄土高原和內蒙古地区最少，个别地区仅为200~500毫米。年雨量变幅很大，丰水年与旱年降雨量比值可达5:1以上。一年雨量主要集中在夏秋之間三个月，占全年降雨量的60~70%，其他月份则雨量甚少。农业除东北和西北部分，一年一熟以外，一般是二年三熟，以小麦、棉花、玉米、小米、甘薯、豆类为主，是我国棉、麦的主要产区。

这一地区农业生产上的突出问题，是由于降雨量分布不均衡，地面水量少，同时地面水往往受气候影响，愈是干旱，水量就愈少，加上蕴藏着丰富的地下水未充分开发利用（因而水利资源与土地资源不相适应）等原因，而往往形成旱涝灾害。如华北地区时常春旱秋涝，涝中有旱、涝后又旱。其他地区情况也极类似。此外，本区内黄河干、支流两岸冲积平原及滨海地区分布着盐碱土地，东北平原有部分沼泽地；很多灌区的地下水位高，矿化度大，土壤盐碱化威胁較重；在黄河及海河水系上、中游的黄土地带，还存在严重的水土流失现象。

第三、水分充足地区：在秦岭淮河以南，雨量充沛，水源丰富，是我国主要稻作区。一般地区为一年两熟，年降雨量在750~1250毫米左右。雨量的分布，江南丘陵区以4~6月較多，长江中下游平原在6~7月較多，四川及云南等地区則集中在6~9月。由于降雨的分布与水稻生长季节的需水要求不够适应，在江南丘陵区仍多患夏旱和秋旱，长江中下游患春旱和秋旱、西南地区常患春旱。广东、广西、福建、台灣等一年三熟的省份，年降雨量在1400~2000毫米之間；但一般年份在早稻插秧和晚稻成熟时仍感雨量不足。因此，从整个地区来看，仍需要灌溉。本区内长江中下游平原低洼地区，太湖流域老河网地区及珠江三角洲等地，汛期外水常高出田面，內水不能外排，洪涝威胁也很严重。

从上所述，不难看出，干旱、半干旱地区，平原及低洼易涝地区，山区、丘陵地区，由于自然条件和农业生产的特点不同，各地区为发展农业所采用的农田水利措施也有很大差别，这就要求我們必須从全面规划、分区治理的原则出发，根据各地不同的自然条件和农业生产的特点，采取必要的农田水利措施，以根除水旱灾害，最大限度地开发利用水利资源，保証国民经济的全面发展和农业生产的持續跃进。

第二节 农田水利在国民經济建設中的地位和作用

农业是国民經济的基础，只有农业的高速度发展，才有工业生产的高速度发展，才有整个国民經济的高速度发展。而农田水利事业的发展，对于农业生产的发展，則起着重大的作用。水灾和旱灾同为各种灾害中的主要灾害，不消灭水灾，农业生产就不能得到保証。常言說：“有收无收在于水”，这是反映着客观真理的。人們通过水利建設，既可以消灭水灾，又可以为克服旱灾創造有利条件，并可減輕伴随着水旱灾害而来的病虫害。同

时还可根据气象预报,进行霜前灌溉,防止或減輕霜灾。总之,消灭了主要灾害就可結合着防止許多次要灾害。毛主席指示我們:“水利是农业的命脉”。这个科学的論断,深刻地揭示了发展水利建設和发展农业生产之間的密切关系。要充分地發揮水利工程和水利資源的效益,就必須掌握农田水利这門科学技术。因此,农田水利是水利工程的一个重要門类。現在我們正面临着全党全民大办农业、大办粮食的光荣而艰巨的任务,为了进一步战胜自然灾害,保証农业丰收,我們必須繼續抓紧农田水利工作,并从实践中不断集中羣众智慧,加以总结提高,来不断充实和丰富农田水利学的理論内容,以便更好地运用这門科学为我国农业生产和整个国民經济的发展服务。

第三节 我国农田水利事业的发展

人类和水灾作斗争,从远古时代就开始了。我国大禹治水的傳說,是我国古代水利事业的开端。相傳夏商时期,在黄河流域就已出現了“沟洫”,即古代用作灌溉、排水的渠道。至春秋战国时期,灌溉事业获得了很大的发展,修建了不少水利工程。公元前六世紀,楚国劳动人民就在芍陂(今安徽寿县南50余里)修塘引蓄淝河水进行灌溉。这是我国有历史記載的最早蓄水灌溉工程。公元前四世紀,魏国西門豹和人民一起在鄴(今河南安阳一带)凿渠12道,引漳水灌溉农田。这是早期引水灌溉的典型。此后,秦(公元前三世紀)李冰父子领导人民在四川兴建了我国古代最大的水利工程——都江堰。这项工程二千二百多年来,一直为农业生产服务,至今仍灌溉着成都平原十余县的六百多万亩农田。虽然经历了很长的时期,但它的规划布置与工程設施都合乎近代的科学理論,是我国古代农田水利工程杰出的代表,充分表現了我国古代劳动人民在水利工程技术上的卓越智慧。除此以外,我国古代較大的水利工程还有陝西引泾水灌溉的郑国渠、白公渠以及宁夏的秦渠、汉渠、唐徕渠等,都是历史上很早的渠道。其它如遍布南方水稻地区的塘坝工程,华北各省的水井,西北的坎儿井,都是我国农民自古以来与干旱作斗争的重要工具。这些都是历代广大劳动人民所創造的偉大功績,它在我国水利历史上留下了光輝的一頁。

我国在水利事业上虽然有过不少的創造和成就,但是,在剝削階級統治下的社会里,由于剝削階級只顧少数人的利益,漠視广大人民的利益,不可能充分發揮人民羣众的力量和智慧,更談不到自觉地利用水的客观規律来为人民謀福利。据历史記載,淮河原来是一条美丽的利多害少的河流,后来由于黄河屡次夺淮,到明、清以后,河道更加淤塞,而統治階級又不重視修理,于是水灾頻繁,淮河流域成了多灾多难的地区。到了国民党反动統治时期,更令人切齿的是:1938年蔣匪統治集团扒开花园口的黄河大堤,使十几县土地淹沒,89万人丧失了生命,1,250万人无家可归,并导致黄河中下游与淮河之間的广大平原,由园田沃野变成了荒无人烟的“黄泛区”;使以后的十余年中連年发生严重的洪涝灾害。

解放前,大河系的洪水治理是根本不可能,全国範圍內洪水、干旱灾害經常发生,人民的生命財產每年都要遭到很大的損失。根据历史記載,我国自公元前206年到公元1936年的2142年間,发生过較大水灾1031次,旱灾1060次,几乎每年有一次較大的水灾或旱灾。如1928年华北、西北、西南有13个省535个县普遍受旱,灾民达一亿二千万人,农产品平均收获量不足二成,很多地方竟至顆粒未收。1931年全国大水,仅在长江、淮河流域被淹农田即达一亿二千万亩,水稻損失占常年总产量的38%,棉花产量占24%。再如,1920年、1921年、1934年的旱灾,1935年、1938年的水灾,农作物損失情况,均极严重。

解放后，我国人民在党中央和毛主席的领导下，在大力发展农业生产的同时，抓紧进行了水利建设，开展了大规模的群众运动，使农田水利事业得到迅速的发展。特别是1958年以来，在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，在党的治水方针指导下，充分调动了亿万群众的积极性，初步改变了广大地区的山河面貌。

在水利运动的实践中，各地集中了广大人民的经验和智慧，创造性地发展了引水上山、长藤结瓜、井渠双保险、平原河网等多种水利工程形式，为充分利用水利资源 and 解决山区、干旱区、涝洼区的水利问题找到了方向。

所有这些，都是我们的祖先几千年来没有办到的事情，我们却在短短十年的时间内办到了，并且其中绝大部分是在最近三年内完成的。这些伟大成就，没有总路线、大跃进、人民公社，是不可能得到的。

水利工程的大量兴修和灌溉面积的迅速扩大，显著地提高了我国人民抗御自然灾害的能力，许多地区在开始改变着千百年来“十年九旱”的情况和终年累月受大自然摆布的被动局面，为农业生产继续跃进提供了重要条件。1959年，我国不少地区遭受了严重的自然灾害，1960年又遭受到百年未有的严重自然灾害。但是由于全国人民在党的领导下，发挥了人民公社的巨大优越性，凭借着几年来兴修数以百计的大型水利工程，数以千计的中型水利工程和数以万计的小型水利工程，有效地扩大了灌溉面积，同心协力地进行了抗旱斗争，终于缩小了成灾的面积，减轻了灾害的损失。

但是，我们决不能满足于已有成就。应当看到，全国还有很多的耕地没有灌溉设施，在已有的灌溉面积上尚有大部分面积不能够正常灌溉。现有的水利工程，大部分也还只能抗御一般的旱涝灾害。全国大面积的水土流失地区还需要大力控制，易涝地区的洼改治涝工作也要求迅速进行。同时，在水利建设的发展过程中，有些工程还没有完全配套，有的工程水源不充足，或者管理工作不能全面跟上去，有的地区还受盐碱化的威胁。这些情况表明，水利仍是目前发展农业生产的根本问题之一。

农田水分状况的调节

第一章 农田水分状况及其调节

水是植物生活不可缺少的基本要素之一，它不仅是植物营养化学作用的重要因素，并且还参与植物有机体细胞生长过程。没有水，植物体内进行的化学作用就要停止，植物也就不能生长。水在植物体内还起着输送养分的作用，土壤中的养分溶于水后被根系吸收输送至植物体内，枝叶内的养分被输送至果实内，没有水，土壤中的养分即无法被植物吸收，植物体内的养分也就无法移动。所以，满足植物对水分的需要，乃是植物有机体生存的最重要的条件。通常，作物主要靠根系自农田中吸取水分，以满足作物生长发育的需要。当农田水分不足时，作物要受干旱；当水分过多时，又要受涝害。所以，农田水分太多或太少，都会影响作物的生长，甚至死亡。为了使农田水分能适合于作物生长的需要，必须对农田水分状况进行调节。合理的调节农田水分，不仅使作物生长良好，而且可以改善土壤性质，不断提高土壤肥力，以达到提高产量的目的。为此，研究和调节农田水分状况对及时保证作物需水的要求具有重要的意义。

农田水分状况系农田地面水分状况、土壤水分状况及地下水分状况三者的总称，它是指农田地面水、土壤水、地下水的多少及其在时间上的变化而言的。通常它不仅在满足植物对水分的要求方面有重要的意义，而且对植物的其它生活要素——空气、热、养分和土壤中微生物活动情况以及田间小气候等植物外界环境也有很大的影响。因而通过农田水利措施可以直接地调节和控制农田水分状况，同时也就间接地调节和改善植物生活的其它要素和外界环境，从而达到丰产的目的。

进行农田水分状况的调节，首先必须了解农田水分状况存在的各种形式及其与作物其它生活要素和外界环境的关系，这将在下面叙述。

第一节 农田水分的存在形式与作物生长的关系

一、农田水分存在的基本形式

农田水分存在的基本形式有三种，即地面水、土壤水和地下水。与作物生长有关的土壤水，按其形态不同，可分为汽态水、吸着水、毛管水和重力水等。通常，土壤水分的多少，以干土重的百分数来表示，称为土壤含水率。

1. **汽态水** 它是存在于土壤空隙中的水汽，有利于微生物的活动，故对植物根系生长有利。由于数量很少，在计算时常略而不计。

2. **吸着水** 包括吸湿水和薄膜水两种形式：吸湿水被紧束于土壤表面，不能自由移动，吸湿水达到最大时的土壤含水率称为吸湿系数；在土壤含水率达到吸湿系数后，如再与液态水相遇，则土粒能够吸附着更多的水分子，这就是薄膜水。薄膜水只能沿土粒表面进行速度极小的移动，它达到最大时的土壤含水率，称为土壤的最大分子持水率，约为吸湿系数的2~4倍。

3. 毛管水 它系土壤中水分超过最大分子持水率时, 由于毛管力的作用而保持在土壤毛管内的水。毛管水又分为上升毛管水及悬着毛管水。上升毛管水系指地下水由土层下部沿土壤毛细管上升的水分。悬着毛管水系指不受地下水补给时, 上层土壤由于毛细管作用所能保持的地面入渗水分(来自降雨或灌水)。

上升毛管水的最大毛管上升高度, 随着土粒机械组成、孔隙率、土壤结构等条件的不同而有很大的差异, 须由实验确定。同时, 地下水的温度、土壤水中含有可溶性盐分的质与量, 以及原有土壤含水率的大小对毛细管最大上升高度也有影响。现将各种土壤最大毛管上升高度的大致范围, 列举于表 1—1 中, 以供参考。

表 1—1 最大毛管上升高度

土 壤	最大毛管上升高度 (厘米)	土 壤	最大毛管上升高度 (厘米)
粘 土	200~400	砂 土	50~100
粘 壤 土	150~300	泥 炭 土	120~150
砂 壤 土	100~150	碱土或盐土	120

在毛管最大上升高度范围以内, 各不同高度处的水分分布是很不均匀的。离地下水面愈近处, 毛管水愈多; 离地下水面愈远, 则水分愈少。如图 1—1 所示。

悬着毛管水在土层中的分布, 通常是愈靠近地面含水率愈大。当土层含水率达到毛细管最大持水能力时, 最大悬着毛管水的平均含水率, 称为该土层的最大持水率。土层的最大持水率的大小, 系与供水量的多少(如灌溉定额的大小等)、土壤质地、土壤中盐分和腐植质含量以及翻耕条件等因素有关, 必须根据实测资料确定。当土壤质地不同时, 最大持水率数值是不相同的, 表 1—2 中所列数值可供参考。

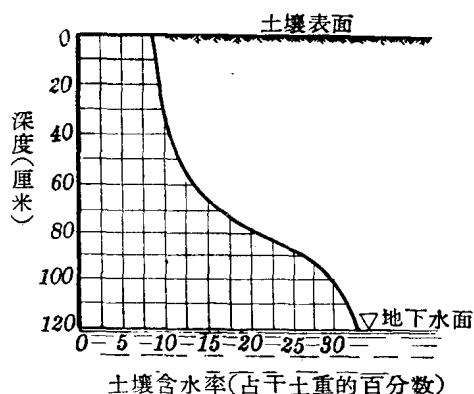


图 1—1 毛管湿润层内的水分分布

表 1—2 各种土壤最大持水率

土 壤	地下 50 厘米土层内最大保水率(孔隙率的百分比)
粘 土	75~85
重质粘壤土	65~75
中质粘壤土	55~65
轻质粘壤土	50~60
砂 壤 土	40~50
粘性砂土	35~40
砂 土	25~35

在相同的土壤质地条件下, 通常碱土的最大持水率比非碱土大 10~20%。

4. 重力水 当土层的下部不受地下水顶托, 土壤含水率超过了最大持水率时, 过多的水分受重力作用向下移动, 这种水称为重力水。当土层空隙全部被水充满时的含水率, 称为该土层的饱和含水率。

二、旱作地区农田水分存在的形式与作物生长的关系

农田各种形式的水分，并不能全部被作物所直接利用。旱作地区的地面水和地下水，必须适时适量的转化为作物根系吸水层中的土壤水，才能被作物吸收利用。而旱作区土壤水对于植物的用处是不一样的，可以分为四类：(1) 无效的，不能被植物利用；(2) 难有效的，植物可以勉强地利用，虽不致枯萎，但是产量要降低；(3) 有效的，不多不少，最为适当；(4) 多余的，水分过多，空气不足，要发生涝灾。

通常旱作地区地面不允许集聚水量，以免造成淹涝，危害作物。地下水一般不允许上升至根系吸水层范围以内，以免造成浸没危害，因此，地下水只允许通过毛细管作用上升至作物根系吸水层，供作物利用。这样，地下水必须维持在根系吸水层以下一定距离处。

在不同条件下，地面水和地下水补给土壤水的过程是不同的，兹分别说明如下：

1. 在地下水位距地面较深和土壤上层干燥的情况下 遇降雨（或灌水）后，地面水逐渐向土中渗入，在渗入过程中，土壤水分的动态约如图 1—2 所示。从图中可以看出，降雨开始时，水从地面进入表层土壤，使其接近饱和，但其下层土壤含水率仍未增加，此时含水率的分布如曲线 1。超过土层最大持水率的部分，则将在重力（主要的）及毛管力的作用下，逐渐向下移动，经过一定时期后，各层土壤含水率的分布情况如曲线 2 及曲线 3。再过一定时期，在土层中的水分不再受重力作用，向下移动趋于缓慢而得到暂时平衡状态，此时水分分布情况如曲线 4，即上部各土层含水率均到最大持水率。

自降雨或灌水开始，到地面水消失，再到土层中水分的分布达到平衡，这一过程所需要的时间，随土壤性质和渗水量的大小等而异。

土层中水分的分布达到平衡以后，又经过一定时期，由于植物根系吸水和土壤蒸发，土壤水自表层起开始逐渐减少，其变化情况如曲线 5 及曲线 6 所示。

2. 当作物根系吸水层上面受地面水补给，而下面又受上升毛细管水的影响时 土层中含水率的分布和随时间的变化情况如图 1—3 所示。

图 1—3 (a) 是还未受到地面水补给的情况。当有地面水补给土壤时，首先在土壤上层出现悬着毛管水，如图 1—3 (b)。地面水补给量愈大，则悬着毛管水所达到的深度愈大，最后终于与地下水面以上的上升毛细管水衔接，如图 1—3 (c)。当地面水补给土壤的数量超过了原地下水面以上土层的最大持水率时，即将造成地下水位上升，如图 1—3 (d)。在地表积水较久时，便能使地下水位升高到地面高程而与地面水相连接。

3. 当地下水位较高，而且上升毛细水能够进入作物根系吸水层的情况下 地下水位的高低直接影响着根系吸水层中的含水率。在没有地面水补给的情况下，地下水位对根系吸水层内土壤含水率分布的影响如图 1—4 所示。

由图中可以看出，地下水位愈高，根系集中层中的平均含水率也愈大。通常根系吸水

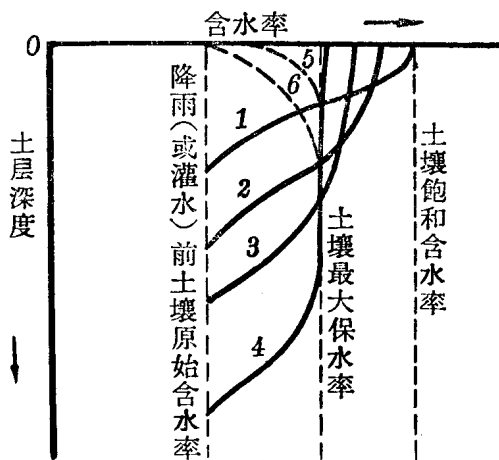


图 1—2 降雨（或灌水）后不同深度土层的湿润过程

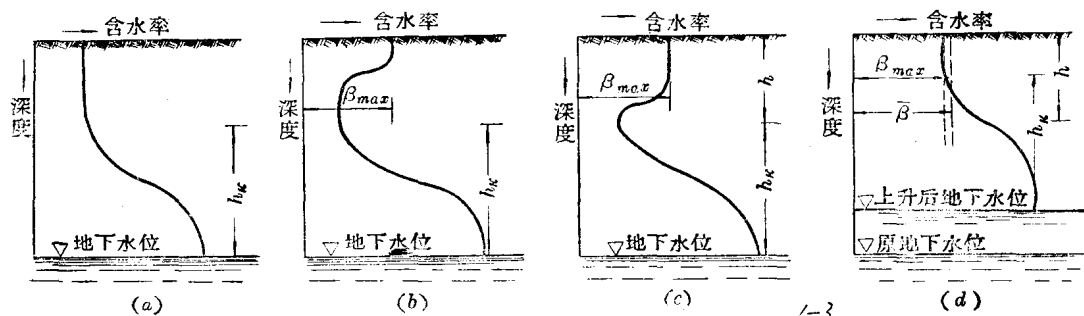


图 1-3 β_{max} —根系吸水层最大含水率;
 $\bar{\beta}$ —根系吸水层中的平均含水率;
 h_r —毛管水上升高度;
 h —根系吸水层深度。

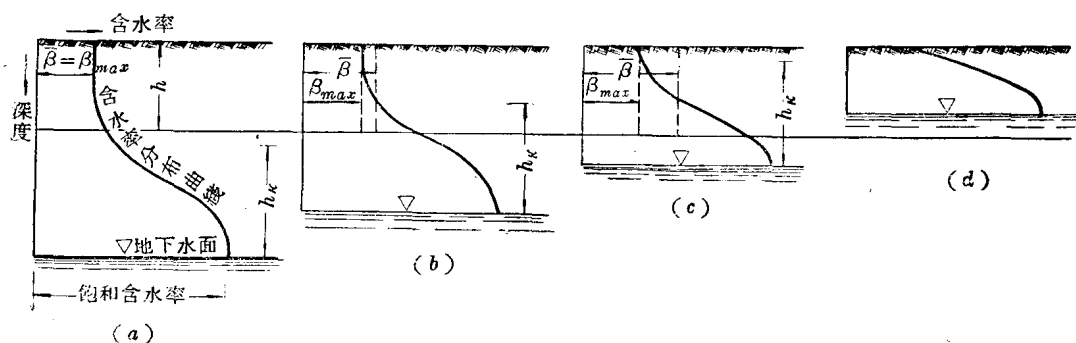


图 1-4 地下水对作物根系吸水层内土壤含水率分布的影响示意图
 $\bar{\beta}$ —根系吸水层平均含水率。

层受地下水影响而又有上升毛管水补给时，根系吸水层中的土壤含水率 B 大于悬着毛管水的最大含水率 B_{max} （最大持水率），如图 1—3 及图 1—4 所示。因此，在应用时必须判明有无地下水影响。

如前所述，作物根系吸水层中的土壤水，以毛管水最容易被旱作物吸收，它是旱作物生长最有价值的水分形式。超过毛管水最大含水率的重力水，一般都下渗流失，不能为土壤所保存，因此，很少能被旱作物利用。同时，即使重力水能长期保存在土壤中，也会影响到土壤的通气状况不良，对旱作物生长不利。所以，旱作物根系吸水层中允许的最大含水率，一般不超过根系吸水层中的最大持水率。

作物根系吸水层中的吸湿水，由于不能成液态水移动，根本不能被植物利用，因此，吸湿系数的高低，也表示无效含水率的高低。一般认为，根系吸水层的土壤含水率下降到吸湿系数的 1.5~2.0 倍时，就会使植物发生永久性的凋萎现象。这时的含水率，称为凋萎系数。超过凋萎系数的部分薄膜水，才开始能被植物根系吸收。然而，凋萎系数不仅决定于土壤性质，而主要决定于土壤水的渗透压力和作物根毛细胞液的渗透压力。因此，它还与土壤溶液浓度、作物种类和生育期有关。

当作物在土壤含水率过低时，由于根系从土壤中所能吸收的水量很少，根系吸水不能满足作物的需水要求，则形成所谓土壤干旱的情况，结果会使产量显著降低，甚至会造成

作物的死亡。为了防止土壤干旱，最低要求使土壤水的渗透压力小于根毛細胞液的渗透压力，而凋萎系数就是这样的土壤含水率的临界值。若土壤含水率达到凋萎系数，作物便会发生永久凋萎。

当土壤含水率减小，则土壤溶液浓度增大，从而引起土壤溶液渗透压力增加，因此，土壤根系吸水层的最低含水率，还必须能使土壤溶液浓度不超过作物在各个生育期所容许的最高值，以免发生凋萎。这对盐渍土地区来说，更为重要。土壤水允许的含盐溶液浓度的最高值，视盐类及作物的种类而定。据此条件，根系吸水层内土壤含水率，应不小于：

$$B_{min} = 100 - \frac{S}{\lambda} \% \quad (1-1)$$

式中 B_{min} ——按盐类溶液浓度要求所规定的最小含水率（干土重的百分数）；

S ——根系吸水层中易溶于水的盐类数量（干土重的百分数）；

λ ——允许的盐类溶液浓度（水重的百分数）。

目前，农业生产中实行“多肥”增产措施，由于肥料数量大为增加，相应地要提高土壤最小含水率，不然，会由于养分浓度过高而影响到根系对土壤水分的吸收，甚至发生枯死现象。因此，在确定最小含水率时，还需要考虑养分浓度的最大限度。

综上所述，旱作物的田间允许最大含水率，不应超过田间最大持水率；田间允许最小含水率，不应小于凋萎系数。为了保证旱作物丰产所必需的含水率，称为田间最适含水率，应在研究水分状况与其他生活要素之间的最适关系的基础上，总结实践经验，并与先进的农业增产措施相结合来加以确定。

三、水稻地区农田水分存在形式与作物生长的关系

由于水稻的栽培技术和灌溉方法与旱作物不同，因此农田水分存在的形式也不相同。我国水稻灌水技术，传统采用田面建立一定水层的淹灌方法，故田面经常（除晒田外）有水层存在，并不断地向根系吸水层中入渗，供给水稻根部以必要的水分。根据地下水埋藏深度、不透水层位置、地下水出流情况（有无排水沟、天然河道、人工河网等）的不同，地面水层、土壤水与地下水之间的关系也不同。

当地下水位埋藏较浅，又无出流条件时，由于地面水不断下渗，使原地下水位至地面间土层的土壤空隙达到饱和，此时地下水便上升至地面，并与地面水连成一体。

当地下水位埋藏较深，出流条件较好时，地面水虽然仍不断入渗，并补给地下水，但地下水位经常保持在地面下一定的深度。此时，地下水位至地面间土层的土壤空隙率不一定达到饱和。

水稻是喜温、喜湿的作物，保持适宜的淹灌水层，对稻作水分及养分的供应提供良好的条件；同时，还能调节和改善温、热及气候等状况。但过深的水层（不合理的灌溉或降雨过多造成的），对水稻生长也是不利的，特别是长期的深水淹浸，更会引起水稻减产，甚至死亡。因此，淹灌水层上下限的确定，具有重要的实际意义。通常与作物品种、发育阶段、自然环境及人为条件有关，应根据实践经验来确定。

随着农业生产大发展和农业技术的不断革新，为适应农业生产中采用“深耕、密植、多肥”的措施，从而总结了“水层、湿润、晒田三结合”的先进灌溉技术，突破了全期水